

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy



Korečkový elevátor pro peletizační linku

Bucket Elevator for Pelletizing Line

Student:

Bc. Břetislav Moša

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Břetislav Moša**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma: **Korečkový elevátor pro peletizační linku**
Bucket Elevator for Paletizing Line

Zásady pro vypracování:

Proveďte konstrukční návrh korečkového elevátoru pro peletizační linku o kapacitě 500 kg/h pro procesní zpracování biomoty (dřevěné piliny/hobliny, vlhkost cca do 20%). Linka je složena ze základních prvků: rozdružovače, drtiče, sila, elevátoru, lisu, chladiče a soustavy pneumatické dopravy. Při navrhování zařízení se držte norem EN349, EN294, EN953, CSN ISO 9172, EN ISO 14122, Smernice EU, resp. 2006/42/EG.

Základní vstupní parametry:

Jmenovitý příkon drtiče: 90 kW

Celková hmotnost linky: 25 t

Maximální obestavěný prostor pro vnitřní použití linky: 75 m²

Maximální výška: 7,2 m

Maximální výška zastřešeného prostoru: 10m

Objem zásobníku: 5m³

Zpracujte:

1. Projekční uspořádání linky.
2. Celkový sestavný výkres korečkového elevátoru.
3. Výpočet poháněcí a napínací stanice.
4. Další potřebné kapacitní, technologické a pevnostní výpočty.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dražan, F., Jeřábek, K.: Manipulace s materiálem. Praha: SNTL. 1974.

Firemní materiály a materiály z odborných publikací.

Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava. 2001.

Fiala, J.: Strojnické tabulky I až III. Praha: SNTL Praha. 1989.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2013


.....

podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2013



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Břetislav Moša

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Benešova 242, 411 12 Čížkovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MOŠA, B. *Korečkový elevátor pro peletizační linku: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 62 s. Vedoucí práce: Slíva, A.

Diplomová práce řeší korečkový elevátor pro dopravu pelet, který je součástí peletizační linky. V úvodu diplomové práce je zahrnut velmi stručný popis biohmoty a příklady peletizačních linek, které tuto biohmotu zpracovávají. Dále jsou zde obsaženy a popsány jednotlivá zařízení linky včetně jejich základních parametrů. U korečkového elevátoru je uvedeno základní rozdělení a popis jednotlivých částí elevátoru. Poté následuje výpočet dopravníku a návrh poháněcí a napínací stanice. Další část je tvořena potřebnými pevnostními a kontrolními výpočty. Diplomová práce také obsahuje výkres projekčního uspořádání linky, dále sestavný výkres samotného korečkového elevátoru a sestavné výkresy hlavy a paty elevátoru.

ANOTATION OF MASTER THESIS

MOŠA, B. *Bucket Elevator for Pelletizing Line: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transportation, 2013, 62 p. Thesis head: Slíva, A.

This master thesis deals with the subject of a bucket elevator forming a part of a pelletizing line. The introduction of the master thesis includes a very short description of biomass, and examples of pelletizing lines processing this biomass. In addition to this, the individual line equipment units are included and described there together with their basic parameters. For bucket elevator, its basic sectioning, and descriptions of individual elevator sections are stated. This is followed by a conveyor calculation, and by a design proposal for the drive and tensioning station. The next part comprises the necessary strength and verification calculations. The master thesis also includes a design layout drawing of the line, an assembly drawing of the bucket elevator itself, and assembly drawings of the elevator head and base portions.

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Aleši Slívovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, které mi poskytl a přispěl tak k vypracování této diplomové práce.

Obsah

SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ.....	10
0 ÚVOD	15
1 BIOHMOTA A JEJÍ ZPRACOVÁNÍ	16
1.1 PŘÍKLAD PELETIZAČNÍCH LINEK PRO ZPRACOVÁNÍ BIOHMOTY	16
1.1.1 Peletizační linka Ekover	16
1.1.2 Peletizační linka ProPelety 700 Standard.....	17
2 TECHNICKÝ POPIS PELETIZAČNÍ LINKY	18
2.1 ROZDRUŽOVAČ.....	19
2.2 DRTIČ	19
2.3 PNEUMATICKÁ DOPRAVA	20
2.3.1 Dopravní ventilátor	21
2.3.2 Potrubí.....	21
2.4 HOMOGENIZAČNÍ SILO.....	22
2.5 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK	22
2.6 LIS	23
2.7 CHLADÍCÍ A SEPARAČNÍ DOPRAVNÍK	24
2.8 ZÁSOBNÍK PRO USKLADNĚNÍ PELET	25
2.8.1 Výpočet základních parametrů zásobníku	25
2.9 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR	26
3 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR.....	27
3.1 ROZDĚLENÍ PODLE KONSTRUKCE.....	28
3.2 ROZDĚLENÍ PODLE TAŽNÉHO PRVKU	28
3.2.1 Dopravní pás.....	28
3.2.2 Dopravní řetěz.....	29
3.3 PLNĚNÍ KOREČKŮ	29
3.3.1 Způsob násypný.....	29
3.3.2 Způsob hrabací.....	30
3.3.3 Způsob smíšený.....	30
3.4 VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKŮ	31
3.5 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU	31
3.5.1 Dopravní pás.....	31
3.5.2 Korečky.....	31
3.5.3 Nosná konstrukce	32
3.5.4 Hlava elevátoru	33
3.5.5 Pata elevátoru	34
4 VÝPOČET KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU	35
4.1 VOLBA KOREČKU	35
4.2 VOLBA PÁSU	36
4.3 VÝPOČET RYCHLOSTI KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU.....	36

4.4	VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKU	36
4.5	VÝPOČET POHONU	38
4.6	URČENÍ NAPÍNACÍ SÍLY	40
4.7	VÝPOČET POHONU POMOCÍ GRAFICKO-POČETNÍ METODY	41
4.8	VOLBA POHONU	45
4.9	KONTROLA POHONU NA ROZBĚH	46
4.10	KONTROLA BRZDY	48
5	PEVNOSTNÍ A KONTROLNÍ VÝPOČTY.....	49
5.1	KONTROLA KONCŮ HŘÍDELE HNACÍHO BUBNU	49
5.1.1	<i>Výpočet (pravého) konce hřídele hnacího bubnu</i>	<i>49</i>
5.1.2	<i>Kontrola (levého) konce hřídele hnacího bubnu</i>	<i>50</i>
5.1.3	<i>Výpočet těsného pera.....</i>	<i>51</i>
5.2	VÝPOČET NAPÍNACÍHO ŠROUBU	54
5.3	STANOVENÍ REAKCÍ V LOŽISCÍCH	55
5.4	VÝPOČET ŽIVOTNOSTI LOŽISEK	56
5.4.1	<i>Ložiska hnacího bubnu.....</i>	<i>57</i>
5.4.2	<i>Ložiska hnaného bubnu</i>	<i>58</i>
6	ZÁVĚR.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	61
	SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	62

Seznam použitého označení

A_K	Délka horní části korečku	$[m]$
A_s	Plocha jádra napínacího šroubu	$[m^2]$
B_K	Délka spodní části korečku	$[m]$
B_p	Šířka pásu	$[m]$
C	Dynamická únosnost	$[N]$
C_K	Rozteč děr korečku pro šrouby	$[m]$
C_0	Statická únosnost	$[N]$
D	Průměr zásobníku	$[m]$
D_{n1}	Vnitřní průměr závitu matice	$[m]$
D_1	Průměr hnaného bubnu	$[m]$
D_2	Průměr hnacího bubnu	$[m]$
F	Obvodová síla	$[N]$
F_{AA}	Zatížení ložiska A v axiálním směru	$[N]$
F_{eA}	Ekvivalentní zatížení ložiska A	$[N]$
F_K	Výška korečku	$[m]$
F_{RA}	Zatížení ložiska A v radiálním směru	$[N]$
F_{RC}	Zatížení ložiska C v radiálním směru	$[N]$
F_O	Odstředivá síla	$[N]$
F_{Otskut}	Skutečná odstředivá síla	$[N]$
F_P	Síla pro překonání odporu při plnění korečků	$[N]$
F_{skut}	Skutečná obvodová síla	$[N]$
F_{TV}	Vektorový součet tahů v pásu	$[N]$
F_V	Průměrný tah v pásu na bubnu	$[N]$
F_Z	Napínací síla	$[N]$
F_1	Síla pro překonání pohybových odporů	$[N]$
F_{1t}	Odpor ohybu pásu na bubnu	$[N]$
F_{1p}	Síla působící na pero v drážce náboje	$[N]$
F_{1tskut}	Skutečný odpor ohybu pásu na bubnu	$[N]$
F_2	Síla pro překonání dopravní výšky	$[N]$
F_{2t}	Odpor v ložiskách bubnu	$[N]$

F_{2p}	Síla působící na pero v drážce hřídele	[N]
F_{2tskut}	Skutečný odpor v ložiskách bubnu	[N]
G	Tíhová síla	[N]
G_K	Šířka korečku	[m]
H	Dopravní výška	[m]
H_C	Poloměr hnaného bubnu	[m]
J_M	Moment setrvačnosti motoru	[kg · m ²]
L_{10h}	Trvanlivost ložiska	[h]
M_{B1}	Brzdny moment k zastavení dopravníku	[N · m]
M_{B2}	Brzdny moment k udržení dopravního pásu v klidu	[N · m]
M_{DM}	Dynamický moment od zpoždění posuvných a rotačních hmot	[N · m]
M_k	Krouticí moment na hřídeli	[N · m]
M_M	Jmenovitý moment motoru	[N · m]
M_{SM}	Statický moment redukovaný na hřídel motoru	[N · m]
M_Z	Rozběhový moment motoru	[N · m]
P	Příkon poháněcí stanice	[kW]
P_{skut}	Skutečný příkon poháněcí stanice	[kW]
P_Z	Jmenovitý příkon poháněcí stanice	[kW]
Q	Dopravované množství	[t · h ⁻¹]
R	Poloměr zásobníku	[m]
R_A	Reakce v ložisku A	[N]
R_B	Reakce v ložisku A	[N]
Re	Mez pevnosti	[MPa]
R₁	Poloměr hnaného bubnu	[m]
R₂	Poloměr hnacího bubnu	[m]
S_{nap}	Činná plocha závitu	[m ²]
T₀	Tah v místě 0	[N]
T₁	Tah v místě 1	[N]
T_{1skut}	Skutečný tah v místě 1	[N]
T₂	Tah v místě 2	[N]
T_{2skut}	Skutečný tah v místě 2	[N]

T₃	Tah v místě 3	[N]
T_{3skut}	Skutečný tah v místě 3	[N]
V_C	Celkový objem zásobníku	[m ³]
V_k	Objem korečku	[m ³]
V₁	Objem hlavní komory zásobníku	[m ³]
V₂	Objem kuželové výsypky zásobníku	[m ³]
X	Součinitel dynamického radiálního zatížení	[-]
Y	Součinitel dynamického axiálního zatížení	[-]
b	Šířka pera	[m]
d	Průměr výpustného otvoru	[m]
d_h	Tloušťka pásu	[m]
d_l	Průměr levého konce hřídele hnacího bubnu	[m]
d_n	Vnější průměr závitu matice	[m]
d_p	Průměr pravého konce hřídele hnacího bubnu	[m]
d₂	Střední průměr závitu šroubu	[m]
d₃	Malý průměr závitu šroubu	[m]
f	Součinitel tření	[-]
g	Tíhové zrychlení	[m · s ⁻²]
h_{hk}	Výška hlavní komory	[m]
h_k	Výška sypného kužele	[m]
h_{kv}	Výška kuželové výsypky	[m]
h_t	Teoretická výška hlavní komory	[m]
h_l	Pádová výška materiálu	[m]
i	Počet činných závitů	[-]
i_p	Převodový poměr	[-]
i_{ps}	Skutečný převodový poměr	[-]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
k_φ	Součinitel plnění	[-]
l	Délka pera	[m]
l_l	Délka levého konce hřídele poháněcího bubnu	[m]
l_p	Délka pravého konce hřídele poháněcího bubnu	[m]

m_b	Hmotnost hnaného bubnu	[kg]
m_K	Měrná hmotnost korečku	[kg · m ⁻²]
m_k	Hmotnost korečku	[kg]
m_{mat}	Výška matice	[m]
m_p	Měrná hmotnost pásu	[kg · m ⁻²]
n_B	Otáčky bubnu	[s ⁻¹]
n_M	Otáčky motoru	[s ⁻¹]
n_{mat}	Počet napínacích matic	[-]
n_s	Počet napínacích šroubů	[-]
p	Pólová vzdálenost	[m]
p_d	Dovolený tlak	[MPa]
p_z	Tlak v závitech matice	[MPa]
p_{zD}	Dovolený tlak v závitech matice	[MPa]
p_1	Tlak na bok pera v hřídeli	[MPa]
p_2	Tlak na bok pera v náboji	[MPa]
q	Měrná hmotnost dopravovaného materiálu	[kg · m ⁻¹]
r	Poloměr výpustného otvoru	[m]
r_1	Poloměr zaoblení drážky pro pero	[m]
s_{mat}	Stoupání závitu matice	[m]
t	Hloubka drážky v hřídeli	[m]
t_k	Rozteč korečků	[m]
t_1	Hloubka drážky v náboji	[m]
v	Rychlost korečkového elevátoru	[m · s ⁻¹]
v_1	Dopadová rychlost materiálu	[m · s ⁻¹]
α	Úhel sklonu kuželové výsypky	[°]
η	Celková účinnost	[-]
π	Pí	[-]
ρ_s	Sypná hmotnost	[kg · m ⁻³]
σ_{dov}	Dovolené napětí	[MPa]
σ_{nap}	Napětí v napínacím šroubu	[MPa]
τ_D	Dovolené napětí v krutu	[MPa]

τ_{D}	Dovolené napětí ve střihu	[MPa]
τ_{S}	Napětí ve střihu	[MPa]
τ_{l}	Napětí v krutu levého konce hřídele hnacího bubnu	[MPa]
τ_{p}	Napětí v krutu pravého konce hřídele hnacího bubnu	[MPa]
φ	Úhel vnitřního tření	[°]
ω	Úhlová rychlost	[rad · s ⁻¹]

0 Úvod

V dnešní době jsou korečkové elevátory velmi rozšířeným prostředkem pro dopravu sypkých materiálů. Využití nacházejí v širokém spektru různorodých průmyslových odvětví především díky jejich nenáročnosti na prostor a možnosti aplikace ve stísněných a nepřístupných prostorech.

Předmětem této diplomové práce je zpracování konstrukčního návrhu korečkového elevátoru, který bude součástí peletizační linky pro procesní zpracování biomoty. Dopravník je určen pro dopravu pelet, které jsou vyráběny z lisovaných balíků slámy. Pelety jsou korečkovým elevátorem dopravovány do ocelového zásobníku, kde jsou uskladněny.

V první části práce se zaměřím na velmi stručný popis biomoty, její základní rozdělení a uvedu příklad již existujících peletizačních linek, které se zabývají zpracováním této biomoty. Další část je zaměřena na popis a složení samotné peletizační linky, jejíž součástí je i navrhovaný korečkový elevátor. Jednotlivá zařízení linky jsou popsána a jsou uvedeny jejich základní parametry. U korečkového elevátoru je uveden obecný popis, využití, základní rozdělení těchto dopravníků a následně podrobný popis jednotlivých částí již konkrétního navrhovaného korečkového elevátoru.

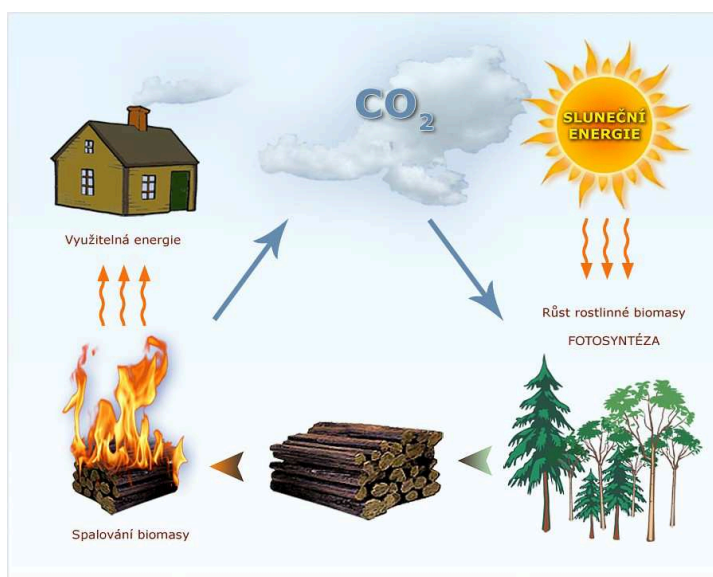
Další část zahrnuje výpočet korečkového elevátoru. Výpočet dle skript i graficko-početní metody. Z těchto výpočtů je dále proveden návrh pohonu. Po navržení pohonu je provedena jeho kontrola na rozběh, a také kontrola brzdy.

Nezbytnou součástí jsou pevnostní a kontrolní výpočty. Je zde zahrnut výpočet konce hřídele na straně pohonu, výpočet a kontrola těsného pera na otlacení a stříh. Dále výpočet napínacího šroubu a výpočet životnosti ložisek. Poslední část diplomové práce, obsahuje výkres projekčního uspořádání linky, dále sestavný výkres samotného korečkového elevátoru a sestavné výkresy hlavy a paty elevátoru.

1 Biohmota a její zpracování

Žijeme v době, kdy se lidstvo stává stále více energeticky náročnějším a dochází k neustálému nárůstu koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Tradiční zdroje energie jako jsou fosilní paliva, začínají být stále omezenějšími a dražšími. Z těchto důvodů je důležité začít se zaměřovat a intenzivně hledat další zdroje, především zdroje obnovitelné energie. Za takovýto významný obnovitelný zdroj pro využití energie můžeme považovat právě biohmotu. Biohmota se zdá být tou správnou cestou a pomalu se dostává do popředí zájmu. Především z důvodu snížení ekologické zátěže na životní prostředí.

Jedná se o hmotu organického původu (v podstatě biologický odpad) dělí se do základních skupin. Dělí se na biohmotu rostlinného původu, biohmotu živočišného původu a dále na vedlejší organické produkty a odpady. Svůj původ má energie z biomoty ve slunečním záření a fotosyntéze. Je plně obnovitelným zdrojem energie, jehož výhodou je šetrnost k životnímu prostředí. [7]



Obr. 1.1 – Schéma uhlíkového cyklu při spalování biomoty [7]

1.1 Příklad peletizačních linek pro zpracování biomoty

1.1.1 Peletizační linka Ekover

Linka Ekover jež vyrábí firma SOMA Engineering je linkou, která zajišťuje celý proces výroby pelet od přípravy suroviny až po finální úpravu pelet jejich zchlazením.

Základní parametry linky:

- Příkon celé linky 175 kW
- Hmotnost linky cca 13 000 kg
- Výkon linky (sláma) max. 2 t/hod.



Obr. 1.2 – Linka Ekover [8]

1.1.2 Peletizační linka ProPelety 700 Standard

Jedná se o plně automatizovanou peletizační linku. Je určena především pro středně velkého zpracovatele biohmoty.

Základní parametry linky:

- Příkon celé linky 102 kW
- Hmotnost linky cca 9 000 kg
- Výkon linky (sláma) max. 0,7 t/hod.



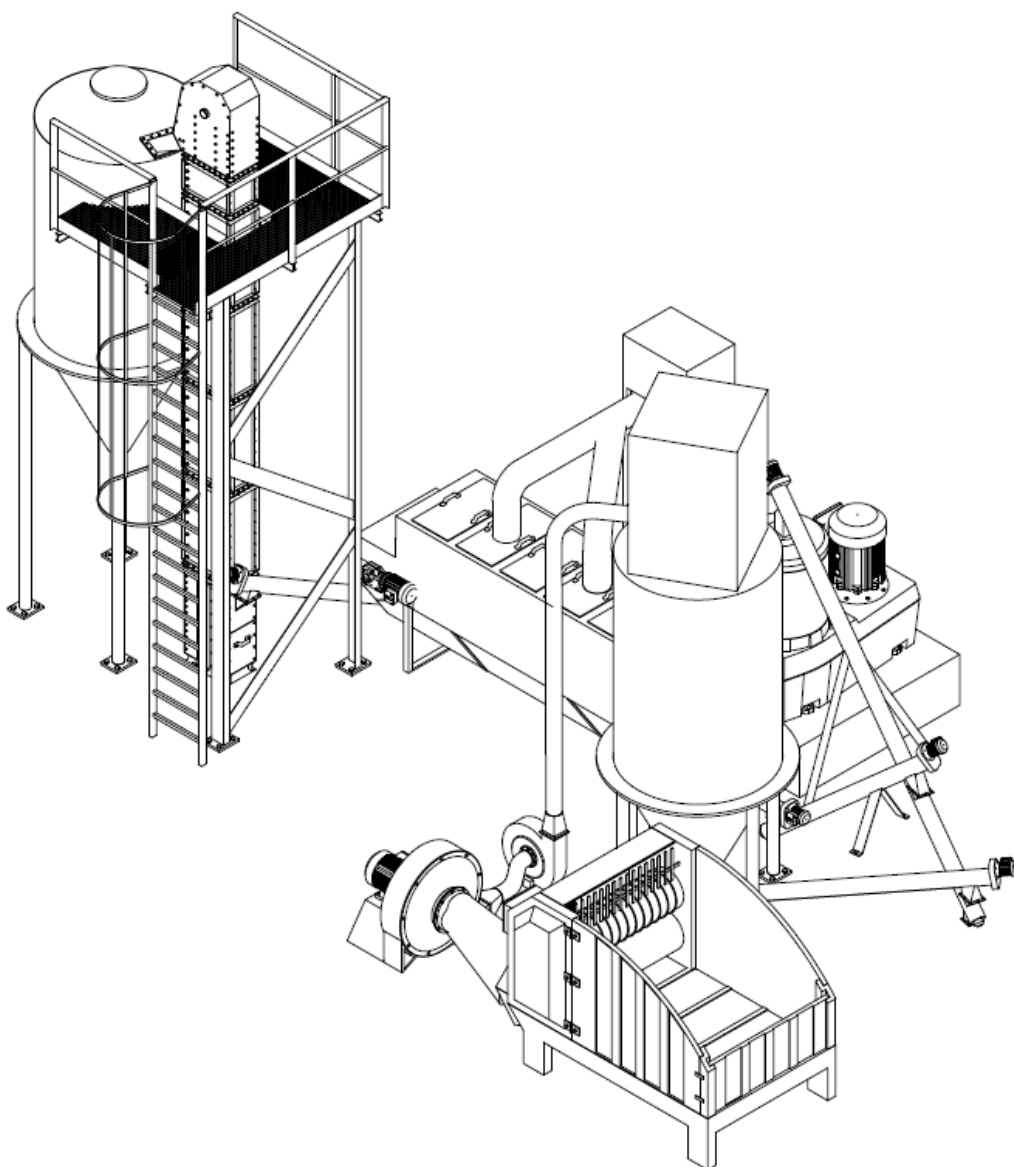
Obr. 1.3 – Linka ProPelety [9]

2 Technický popis peletizační linky

Linka se skládá ze soustavy zařízení, která zajišťují kompletní zpracování materiálu, od rozdružení balíku slámy, až po uskladnění již hotových pelet do zásobníku. Jednotlivé zařízení jsou níže podrobněji popsány.

Základní parametry linky:

- Příkon celé linky 119 kW
- Hmotnost linky 13 483 kg
- Výkon linky (sláma) 0,5 t/hod.



Obr. 2.1 – Návrh peletizační linky [10]

2.1 Rozdružovač

Pro navrhovanou linku byl zvolen stacionární rozdružovač lisovaných balíků firmy Serigstad.

Před samotným rozdružováním je velice důležité, aby byly balíky slámy zkontrolovány, musí se provést odpáskování balíků a odstranění veškerých obalových materiálů. Poté, co je balík vložen do rozdružovače, začíná samotný proces zpracování. Rozdružení balíků zajišťuje dvojice horizontálně uložených válců. Válce jsou opatřeny spirálovitě uloženými noži.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	max. 2 000	[kg · h ⁻¹]
Příkon	0,5	[kW]
Hmotnost	800	[kg]

Tab. 2.1 – Technická specifikace rozdružovače



Obr. 2.2 – Stacionární rozdružovač Serigstad [12]

2.2 Drtič

Frakci vstupního materiálu (slámy) je nutno před peletizací upravit tak, aby co nejvíce odpovídala parametrům vyráběných pelet. Pro drcení slámy je využit kladivový drtič firmy HIMEL typ STM 201HL. Rozdružená sláma je přisávána do drtiče, kde je rozdrčena na jemnější frakci, dle použitého síta (cca 8 – 10 mm) a dále dopravována pomocí pneumatické dopravy k následnému zpracování.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	500 – 2 000	[kg · h ⁻¹]
Příkon	22	[kW]
Hmotnost	420	[kg]

Tab. 2.2 – Technická specifikace drtiče



Obr. 2.3 – Drtič HIMEL STM 201HL [13]

2.3 Pneumatická doprava

Rozdrcená sláma je nasávána pomocí ventilátoru a dopravována vzduchovým potrubím do homogenizačního sila.

Dle vypočtených parametrů (viz Tab. 2.3), které byly poskytnuty firmou *ENVIRMINE-ENERGO, a.s.* pro potřebný dopravní výkon, byl navržen ventilátor a potrubí pro dopravu drcené slámy.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Množství vzduchu	1 205	[m ³ · h ⁻¹]
Přetlak	0,83	[kPa]
Průměr potrubí	146	[mm]

Tab. 2.3 – Základní parametry

2.3.1 Dopravní ventilátor

Volím dopravní ventilátor firmy Energoekonom s.r.o. typu RD 6 F. Stator ventilátoru je vyroben z hliníkového odlitku. Oběžné kolo ventilátoru opatřené radiálními lopatkami je svařené z ocelových plechů.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Množství vzduchu	1 380	[m ³ · h ⁻¹]
Přetlak	2,5	[kPa]
Příkon	1,8	[kW]
Hmotnost	30	[kg]

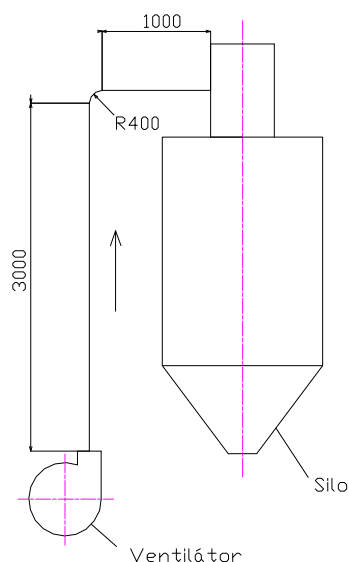
Tab. 2.4 – Technická specifikace ventilátoru



Obr. 2.4 – Dopravní ventilátor RD 6 F [14]

2.3.2 Potrubí

Zvoleno hladké potrubí průměru 146 mm z pozinkovaného materiálu.



Obr. 2.5 – Schéma dopravní trasy [11]

2.4 Homogenizační silo

Jako další prvek peletizační linky je mezi drtič a lis vloženo homogenizační silo. Využívá se pro přípravu materiálu před peletizací. Využitím malého přídavku vody docílíme kvalitní přípravy před peletizací, požadovaného spojení materiálu a snížení opotřebení lisu. Před vstupem materiálu do sila je za pomoci cyklónu oddělen dopravní vzduch od materiálu. Vzduch jde dále do filtrační jednotky a materiál padá na dno sila. Pod silem je umístěn šnekový dopravník, který dávkuje materiál do lisu. Zásobník má samozřejmě i funkci klasického stacionárního sila a umožňuje tak plynulé zásobování lisu.

2.5 Šnekový dopravník

Pro dopravu materiálu ze sila do lisu a dále pak z chladicího dopravníku do korečkového elevátoru jsou využity bezosé spirálové šnekové dopravníky. Jedná se o šnekové dopravníky firmy Rataj typu RL 60.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	100 – 1 500	[kg · h ⁻¹]
Příkon	1,1	[kW]
Průměr šnekovnice	60	[mm]
Délka šnekovnice	2 000, 3 000, 4 000	[mm]

Tab. 2.5 – Technická specifikace šnekových dopravníků

2.6 Lis

Lis můžeme považovat v peletizační lince za nejdůležitější člen pro výrobu pelet. Materiál je do lisu přiváděn pomocí šnekového dopravníku. Princip lisování spočívá v přivádění navlhčeného materiálu na plochu horizontální talířové matrice. Tam je za pomoci lisovacích rolen postupně vtlačován do otvorů. Na spodní straně matrice je materiál vytlačován ve formě válečků (briket) a po protlačení odřezáván. Průměr pelet je závislý na zvolené matici s určitým rozměrem lisovacích kanálků.

Pro sestavu linky byl zvolen lis firmy GAMA Pardubice s.r.o. typu TL 700.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Průměr otvorů matrice	6 – 25	[mm]
Výkon	max. 1 800	[kg · h ⁻¹]
Příkon	90	[kW]
Hmotnost	4 000	[kg]

Tab. 2.6 – Technická specifikace lisu



Obr. 2.6 – Lis TL700 [15]

2.7 Chladicí a separační dopravník

Po vylisování mají pelety teplotu cca 85 °C. Je potřeba vylisované pelety ochladit na teplotu cca 20 °C nebo alespoň o 5 °C vyšší, než se pohybuje okolní teplota, aby pelety dosáhly potřebné pevnosti.

Chladicí dopravník je složen ze síta s pohyblivým roštem. Síto je tvořeno otvory, které jsou o 2 mm menší, než dopravované pelety. Přes otvory síta může propadnout případný odrol a dále je pomocí otvorů nasáván studený vzduch. Ten zajišťuje ochlazení pelet. K odsávání vzduchu je využito vzduchové potrubí a cyklón, který zajišťuje separaci prachových částic. Případný odrol je pomocí šnekového dopravníku přesunut zpět k peletizaci. Odrol tvoří cca 5 procent z celkového dopravovaného materiálu.

Použit chladicí a separační dopravník firmy ATEA Praha s.r.o. typu CH315.

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	max. 35	[kg · min ⁻¹]
Příkon	0,55	[kW]
Hmotnost	350	[kg]

Tab. 2.7 – Technická specifikace chladicího a separačního dopravníku



Obr. 2.7 – Chladicí a separační dopravník CH315 [16]

2.8 Zásobník pro uskladnění pelet

Pelety jsou uskladněny v ocelovém zásobníku kruhového průřezu o objemu 5 m^3 .

2.8.1 Výpočet základních parametrů zásobníku

Výpočet sklonu kuželové výsypky

$$f = \operatorname{tg} \varphi \Rightarrow \varphi = \operatorname{arctg} \cdot f \quad (2.1)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot 0,34$$

$$\varphi = 18,77^\circ$$

$$\alpha = \varphi + (5^\circ \div 10^\circ) \quad (2.2)$$

$$\alpha = 18,77^\circ + (5^\circ \div 10^\circ)$$

$$\alpha = 23,77^\circ \div 28,77^\circ \Rightarrow \text{volím } \alpha = 26^\circ$$

Výpočet výšky sypného kužele

$$h_k = \frac{1}{3} \cdot \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.3)$$

$$h_k = \frac{1}{3} \cdot \frac{1,5}{2} \cdot \operatorname{tg} 18,77^\circ$$

$$h_k = 0,085 \text{ m}$$

Teoretická výška hlavní komory

Výška, při níž bude splněn požadovaný objem zásobníku $h_t = 2,175 \text{ m}$.

Výpočet výšky hlavní komory

$$h_{hk} = h_k + h_t \quad (2.4)$$

$$h_{hk} = 2,175 + 0,085$$

$$h_{hk} = 2,26 \text{ m}$$

Výpočet výšky kuželové výsypky

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}}{h_{kv}} \Rightarrow h_{kv} = \frac{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.5)$$

$$h_{kv} = \frac{\frac{1,5}{2} - \frac{0,2}{2}}{\operatorname{tg} 26^{\circ}}$$

$$h_{kv} = 1,33 \text{ m}$$

Výpočet objemu hlavní komory

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot h_{hk} \quad (2.6)$$

$$V_1 = \pi \cdot 0,75^2 \cdot 2,26$$

$$V_1 = 4 \text{ m}^3$$

Výpočet objemu kuželové výsypky

$$V_2 = \frac{\pi \cdot h_{kv}}{3} \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) \quad (2.7)$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 1,33}{3} \cdot (0,75^2 + 0,75 \cdot 0,1 + 0,1^2)$$

$$V_2 = 1 \text{ m}^3$$

Výpočet celkového objemu zásobníku

$$V_C = V_1 + V_2 \quad (2.8)$$

$$V_C = 4 + 1$$

$$V_C = 5 \text{ m}^3$$

2.9 Korečkový elevátor

Pro dopravu pelet do zásobníku je použit svislý korečkový elevátor. Návrh samotného korečkového elevátoru je uveden v následujících kapitolách.

Technická specifikace:

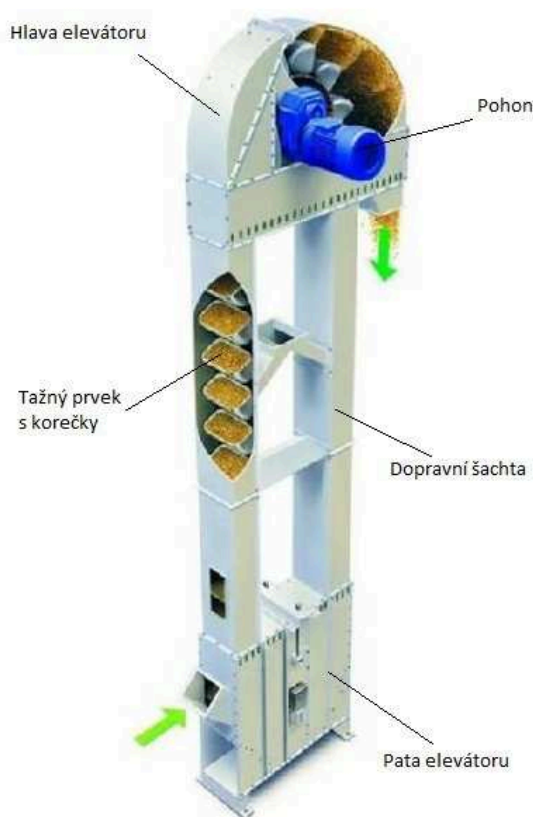
Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	500	[kg · h ⁻¹]
Příkon	0,18	[kW]
Hmotnost	523,6	[kg]

Tab. 2.8 – Technická specifikace korečkového elevátoru

3 Korečkový elevátor

Korečkový elevátor je dopravníkem určeným k dopravě sypkých, drobně kusovitých materiálů o zrnitosti 0 – 60 mm, pro malá a střední dopravní množství. Především je využíván k vertikální dopravě, popřípadě může být použit i pro dopravu šikmou. Bezesporu jednou z největších výhod korečkových elevátorů je jejich nenáročnost na prostor a mohou být bez větších problémů aplikovány i ve stísněných a zastavěných prostorech. Jako tažný prvek je používán především pás, ovšem je možné použít i řetěz. Při využití řetězu, jako tažného prvku, je dopravník vhodný pro dopravu materiálů o vysoké teplotě a dává možnost využívat korečkový elevátor pro dopravní výšky až 90 m.

Ve většině případů je tažný prvek s korečkami uzavřen v prachotěsné šachtě. Šachta může být společná, nebo je tvořena dvěma samostatnými šachtami, zvláště pro nosnou a zvláště pro vratnou větev. V hlavě elevátoru se nachází pohon a v patě elevátoru je umístěno napínací zařízení.



Obr. 3.1 – Korečkový elevátor [17]

3.1 *Rozdělení podle konstrukce*

Podle konstrukce dělíme korečkové elevátory do tří základních skupin.

- **svislé** – odstředivé
– gravitační
- **šikmé** – odstředivé
– gravitační
- **lomené**

3.2 *Rozdělení podle tažného prvku*

Tažným prvkem mohou být nekonečné dopravní pásy, popřípadě řetězy.

3.2.1 **Dopravní pás**

Nejčastěji používanými pásy pro korečkové elevátory jsou pásy gumové. Také se můžeme setkat s pásy z PVC.

Gumové pásy jsou uvnitř vyztuženy pomocí vložky, která může být tvořena z ocelových lan, umělých vláken nebo je uvnitř vložka textilní. Mohou být používány pro teploty do 80 °C.

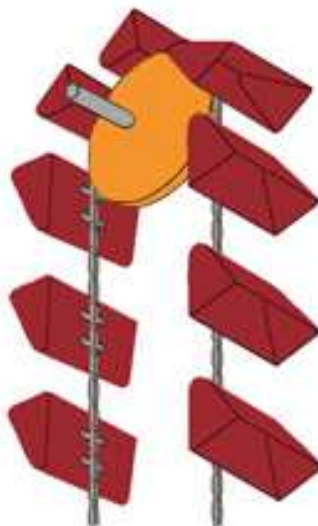
Pásy z PVC svoje využití nachází především v průmyslu potravinářském, farmaceutickém, chemickém, popřípadě zemědělském. Značnou výhodou oproti gumovým pásům je vyšší odolnost vůči teplotě. Tyto pásy mohou být využívány až do teploty 130 °C.



Obr. 3.2 – Dopravní pás [18]

3.2.2 Dopravní řetěz

Dopravní řetězy se jako tažný prvek korečkového elevátoru používají převážně v prostředí s vyššími teplotami a pro dopravu abrazivních materiálů. Také jsou využívány při dopravě materiálu do větších výšek. Nejčastěji se můžeme setkat s využitím řetězu článkového nebo sponového se zvýšenou odolností proti otěru.



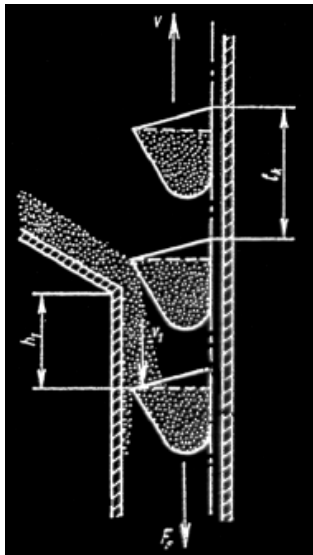
Obr. 3.3 – Dopravní řetěz [18]

3.3 Plnění korečků

Plnění korečků může být realizováno třemi způsoby, těmi jsou násypný, hrabací nebo smíšený způsob.

3.3.1 Způsob násypný

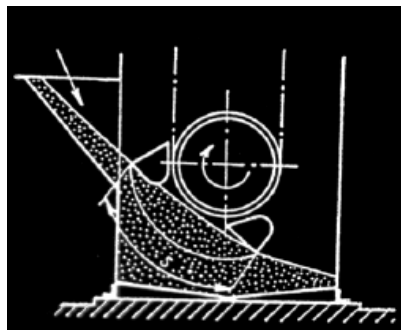
U tohoto způsobu se vyžaduje větší rozteč mezi jednotlivými korečky. Materiál je nasypáván přímo do korečku. Ve většině případů se využívá pro abrazivní materiály, u kterých by v případě využití hrabacího způsobu, narůstaly odpory při nabírání materiálu do vysokých hodnot. Docházelo by tak k výraznému opotřebení korečku. Rychlosti korečkových elevátorů s tímto způsobem plnění, se z pravidla pohybují v nižších hodnotách do $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 3.4 – Násypný způsob [2]

3.3.2 Způsob hrabací

Materiál je nasypáván do dopravní šachty a následně padá do paty elevátoru. Tam je potom nabírán pomocí korečků. Je vhodný pro neabrazivní materiál s jemnou zrnitostí. Není zde nijak zvlášť omezována rychlost elevátoru jako u násypného způsobu.



Obr. 3.5 – Hrabací způsob [2]

3.3.3 Způsob smíšený

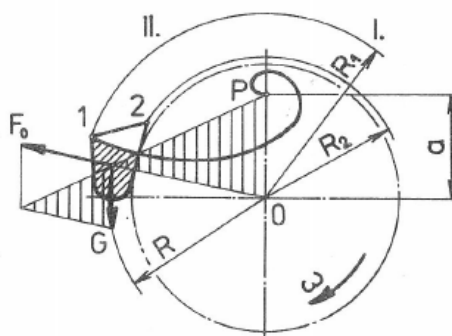
Tento způsob plnění korečku je kombinací obou výše zmíněných způsobů. Nastává při přísunu většího množství materiálu. Koreček je při nasypávání přeplňován a přebytečný materiál padá na dno paty elevátoru, kde jen nabírán.

3.4 Vyprazdňování korečků

Vyprazdňování korečků může být realizováno také třemi způsoby. Způsob vyprazdňování gravitační, odstředivý popřípadě způsob smíšeného vyprazdňování, který je z těchto tří nejvýhodnější z hlediska dopravního výkonu.

Zásadní vliv na způsob vyprazdňování má dopravní rychlost. Určením polohy pólu P, zjistíme, o jaký způsob vyprazdňování se jedná. Poloha pólu P je určena průsečíkem prodloužené výslednice sil (gravitační a odstředivá) působících na materiál, jež se v korečku nachází a svislicí, která prochází středem bubnu.

Pokud se pól nachází uvnitř kružnice R_2 , můžeme mluvit o odstředivém vyprazdňování, viz Obr. 3.6. Materiál je odváděn přes vnější hranu korečku za působení odstředivých sil. Pokud se jedná o gravitační vyprazdňování, pak se pól P nachází mimo kružnici R_1 i R_2 a materiál je vlivem gravitačních sil odváděn z korečku přes vnitřní hranu.



Obr. 3.6 – Poloha pólu P při vyprazdňování korečku [5]

3.5 Jednotlivé části korečkového elevátoru

V následujících kapitolách jsou podrobněji popsány jednotlivé části korečkového elevátoru.

3.5.1 Dopravní pás

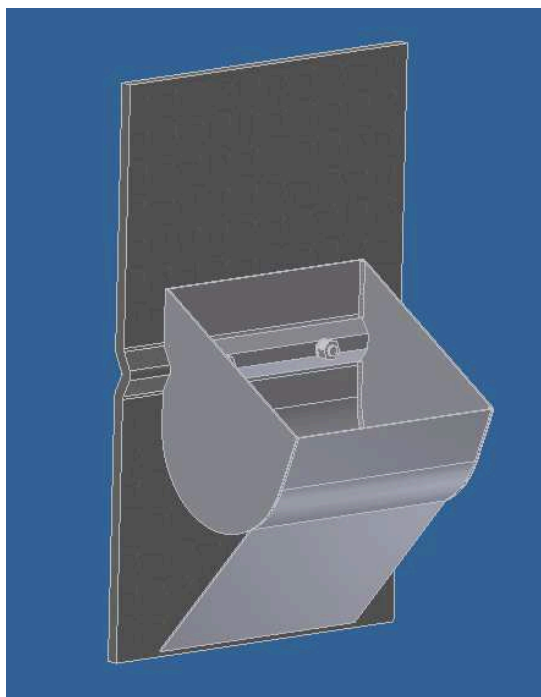
Pro navržený korečkový elevátor zvolen dopravní pás z PVC pro elevátory typu 4T 32 V3-V3 firmy GUMEX o šířce $B_p = 160 \text{ mm}$.

3.5.2 Korečky

Jedná se o dopravní nádoby, které jsou uchyceny na dopravním pásu. Jejich účelem je nabírání materiálu a jeho následná doprava. Nejčastěji používané jsou korečky ocelové. Můžeme se setkat i s korečkami plastovými. Ty jsou využívány převážně v chemickém

a potravinářském průmyslu. Vyrábějí se svařováním nebo lisováním z plechu až do tloušťky 8 mm.

Pro dopravu pelet byl zvolen svařovaný koreček z ocelového plechu a síle 0,8 mm. Z důvodu gravitačního vyprazdňování materiálu z korečků, což je způsobeno nízkou rychlostí dopravníku, musela být provedena konstrukční úprava korečku. Tato úprava spočívá v navaření pásu plechu na spodní stranu korečku. Při vyprazdňování pak materiál padá na tento plech, po kterém klouže do výsypného otvoru. Nedochozí tak k ulpívání materiálu mezi pásem a korečkem.



Obr. 3.7 – Dopravní pás s korečkem [10]

3.5.3 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce může být u korečkového elevátoru ve dvojím provedení. Konstrukce otevřená nebo konstrukce uzavřená, která tvoří dopravní šachtu. Šachta může být dělená nebo společná pro obě větve tažného prvku. V tomto případě se jedná o uzavřenou samonosnou konstrukci s ukotvením v patě elevátoru. Aby nedošlo k převrácení elevátoru je navíc ukotven v horní části ke konstrukci pochůzné lávky. Jednotlivé části konstrukce jsou tvořeny válcovanými „U“ profily a bočními odnímatelnými plechy. Jednotlivé segmenty o délce 1 000 mm jsou společně spojeny pomocí šroubů.

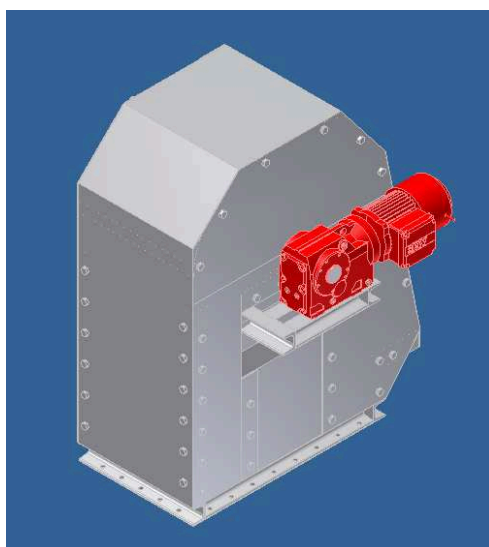


Obr. 3.8 – Nosná konstrukce [10]

3.5.4 Hlava elevátoru

Hlavu elevátoru tvoří válcované „U“ profily a k nim jsou pomocí šroubů přimontovány odnímatelné plechy, vhodné pro případně potřebný snadný přístup obsluhy do vnitřní části korečkového elevátoru.

V hlavě elevátoru je umístěn výsypný otvor, který slouží k odvodu dopravovaného materiálu. Dále je zde umístěna poháněcí stanice. Ta je tvořena poháněcím bubnem a převodovkovým motorem firmy SEW s brzdou v patkovém provedení o jmenovitém příkonu 0,18 kW typového označení KA37DR63M4BM/HR. Převodovkový motor je ukotven pomocí šroubů na ocelové konstrukci, která je připevněna ke konstrukci hlavy elevátoru.



Obr. 3.9 – Hlava elevátoru s pohonem [10]

3.5.5 Pata elevátoru

Tak jako hlava elevátoru je i pata elevátoru tvořena z válcovaných „U“ profilů a odnímatelných plechů. Ze dvou stran jsou pro obsluhu umístěny kontrolní otvory. Ty slouží především k čištění paty elevátoru. Po přivedení dopravovaného materiálu z předchozího zařízení do násypky elevátoru se může stát, že nepatrné množství materiálu nebude usměrněno přímo do korečku a propadne až na dno paty. Z tohoto důvodu by se měla po každé směně provést kontrola spodní části, popřípadě vyčištění, k čemuž slouží již zmíněné kontrolní otvory.

V patě elevátoru je také umístěno napínací zařízení. Slouží k napínání tažného orgánu, aby byl zajištěn přenos sil na hnacím bubnu. Napínání zajišťuje především samotná hmotnost vratného bubnu. Ta je zde navíc doplněna o přídavnou napínací sílu, která je vyvozena pomocí napínacích šroubů.



Obr. 3.10 – Pata elevátoru [10]

4 Výpočet korečkového elevátoru

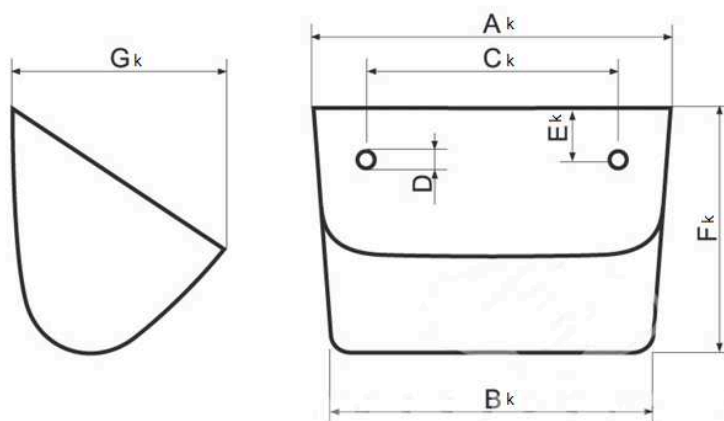
Korečkový elevátor je navrhován pro dopravovaný materiál, kterým jsou pelety vyráběné ze slámy. Výpočet proveden dle skript [2].

Vstupní parametry:

- Dopravní výkon $Q = 500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
- Sypná hmotnost $\rho_s = 650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Dopravní výška $H = 5,7 \text{ m}$
- Součinitel plnění $k_\varphi = 0,7$

4.1 Volba korečku

Volím svařovaný koreček z ocelového plechu o síle 0,8 mm firmy Gumex.



Obr. 4.1 – Schéma korečku [19]

Parametry korečku:

- $A_K = 114 \text{ mm}$
- $B_K = 100 \text{ mm}$
- $C_K = 60 \text{ mm}$
- $F_K = 103 \text{ mm}$
- $G_K = 91,5 \text{ mm}$
- $V_K = 0,227 \text{ dm}^3$
- $m_K = 0,18 \text{ kg}$

4.2 Volba pásu

Jako dopravní pás pro elevátory je vhodný pás z materiálu PVC. Proto volím dopravní pás z tohoto materiálu od firmy GUMEX typového označení 4T 32 V3-V3.

Parametry pásu:

- Šířka pásu $B_p = 160 \text{ mm}$
- Tloušťka pásu $d_h = 5,5 \text{ mm}$
- Dovolené zatížení pásu $\sigma_{dov} = 32 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$
- Měrná hmotnost tažného orgánu $m_p = 6,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

4.3 Výpočet rychlosti korečkového elevátoru

Výpočet rozteče korečků

$$t_k = 2,5 \text{ až } 3 \cdot F \quad (4.1)$$

$$t_k = 2,5 \cdot F$$

$$t_k = 2,5 \cdot 0,103$$

$$t_k = 0,2575 \text{ m}$$

Výpočet rychlosti korečkového elevátoru

$$Q = 3600 \cdot V_k \cdot k_\varphi \cdot \rho_s \cdot \frac{v}{t_k} \Rightarrow \quad (4.2)$$

$$v = \frac{Q \cdot t_k}{3600 \cdot V_k \cdot k_\varphi \cdot \rho_s}$$

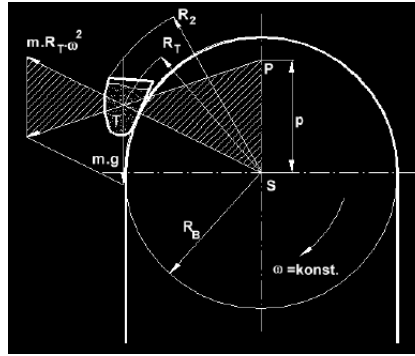
$$v = \frac{500 \cdot 0,2575}{3600 \cdot 0,000227 \cdot 0,7 \cdot 650}$$

$$v = 0,346 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Dle normy ČSN 26 2008 volím rychlost $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4.4 Vyprazdňování korečku

Vlivem nízké rychlosti elevátoru, která má hodnotu $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dochází k vyprazdňování korečků gravitačním způsobem.



Obr. 4.2 – Silové poměry v hlavě elevátoru [2]

Odstředivá síla

$$F_O = m \cdot R_T \cdot \omega^2 \quad (4.3)$$

Tíhová síla

$$G = m \cdot g \quad (4.4)$$

Pólová vzdálenost

$$p = \frac{g}{\omega^2} \quad (4.5)$$

Podobnost trojúhelníků

$$\frac{p}{R_T} = \frac{G}{F_O} = \frac{m \cdot g}{m \cdot R_T \cdot \omega^2} \Rightarrow \quad (4.6)$$

$$p = \frac{g}{\omega^2} = \frac{g}{\left(\frac{v}{R_2}\right)^2}$$

$$p = \frac{9,81}{\left(\frac{0,4}{0,1575}\right)^2}$$

$$p = 1,52 \text{ m}$$

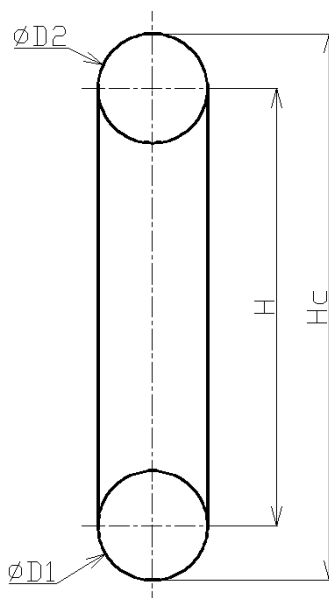
$$p > R_2 > R_1$$

$$1,52 > 0,1575 > 0,1575 \Rightarrow \text{gravitační vyprazdňování korečků}$$

4.5 Výpočet pohonu

Výpočet pohonu korečkového elevátoru proveden dle skript [2]. Výpočet odporu pásu na bubnu a výpočet odporu v ložiskách bubnu je proveden dle normy ČSN ISO 5048.

Výpočet celkové dopravní výšky



Obr. 4.3 – Schéma korečkového elevátoru [10]

- Průměr hnacího bubnu $D_2 = 0,315 \text{ m}$
- Průměr hnacího bubnu $D_1 = 0,315 \text{ m}$

$$H_c = H + \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (4.7)$$

$$H_c = 5,7 + \frac{0,315 + 0,315}{2}$$

$$H_c = 6 \text{ m}$$

Výpočet obvodové síly

$$F = F_1 + F_2 + F_p + F_{1t} + F_{2t} \quad (4.8)$$

F_1 – síla potřebná pro překonání pohybových odporů dopravníku (pro svislé dopravníky je téměř zanedbatelná, doporučuje se o 10 procent zvýšit vypočtenou sílu F_2).

Výpočet měrné hmotnosti dopravovaného materiálu

$$q = \frac{Q}{3600 \cdot v} \quad (4.9)$$

$$q = \frac{500}{3600 \cdot 0,4}$$

$$q = 0,347 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Výpočet síly potřebné k překonání dopravní výšky

$$F_2 = q \cdot H \cdot g \quad (4.10)$$

$$F_2 = 0,347 \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$F_2 = 19,4 \text{ N}$$

$$\text{Navýšení síly } F_2 \text{ o } 10 \% \Rightarrow F_2 = 21,34 \text{ N}$$

Výpočet síly potřebné k překonání odporu při plnění korečků

$$F_p = V_k \cdot k_\varphi \cdot \rho_s \cdot (v + v_1) \cdot \frac{v}{t_k} \quad (4.11)$$

$$F_p = 0,000227 \cdot 0,7 \cdot 650 \cdot (0,4 + 2,4) \cdot \frac{0,4}{0,2575}$$

$$F_p = 0,57 \text{ N}$$

Výpočet dopadové rychlosti materiálu

$$v_1 = (2 \cdot g \cdot h_1)^{0,5} \quad (4.12)$$

$$v_1 = (2 \cdot 9,81 \cdot 0,3)^{0,5}$$

$$v_1 = 3,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet odporu ohybu pásu na bubnu

Volím průměrný tak v pásu na bubnu $F_v = 10 \text{ N}$.

$$F_{lr} = 9 \cdot B_p \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_v}{B_p} \right) \cdot \frac{d_h}{D_1} \quad (4.13)$$

$$F_{lr} = 9 \cdot 0,16 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{10}{0,16} \right) \cdot \frac{0,0055}{0,315}$$

$$F_{lr} = 3,54 \text{ N}$$

Výpočet odporu v ložiskách bubnu

Volím vektorový součet tahů v pásu $F_{TV} = 10 \text{ N}$.

$$F_{2t} = 0,005 \cdot \frac{d_p}{D_1} \cdot F_{TV} \quad (4.14)$$

$$F_{2t} = 0,005 \cdot \frac{0,035}{0,315} \cdot 10$$

$$F_{2t} = 0,0006 \text{ N}$$

Po dosazení do vzorce (4.8) získáme obvodovou sílu F:

$$F = 21,34 + 0,57 + 3,54 + 0,0006 \quad (4.15)$$

$$F = 25,45 \text{ N}$$

Výpočet příkonu poháněcí stanice

$$P = \frac{F \cdot v}{10^3 \cdot \eta} \quad (4.16)$$

$$P = \frac{25,45 \cdot 0,4}{10^3 \cdot 0,68}$$

$$P = 0,015 \text{ kW}$$

4.6 Určení napínací síly

Napínací síla je nutná k tomu, aby byl zajištěn přenos sil na hnacím bubnu.

$$F_0 \geq \frac{k_s \cdot F}{e^{\mu \cdot \pi}} = 0,5 \cdot F_Z + \left(m_p + \frac{m_K}{t_k} \right) \cdot g \cdot H \quad (4.17)$$

$$F_Z \geq 2 \cdot \left[\frac{k_s \cdot F}{e^{\mu \cdot \pi} - 1} - \left(m_p + \frac{m_K}{t_k} \right) \cdot g \cdot H \right]$$

$$F_Z \geq 2 \cdot \left[\frac{1,3 \cdot 25,45}{e^{0,33,14} - 1} - \left(1,088 + \frac{0,7}{0,2575} \right) \cdot 9,81 \cdot 5,7 \right]$$

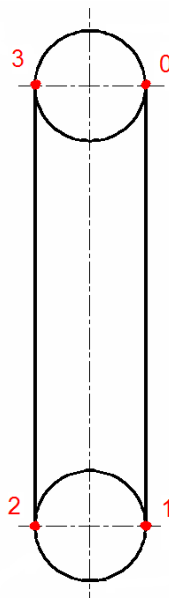
$$F_Z = -383 \text{ N}$$

Dle [1] volím součinitel statické bezpečnosti $k_s = 1,3$.

4.7 Výpočet pohonu pomocí graficko-početní metody

Slouží ke kontrole již provedeného výpočtu dle skript [2].

- Odpor ohybu z pásu na bubnu $F_{lt} = 3,54 \text{ N}$
- Odpor v ložiskách bubnu $F_{2t} = 0,0006 \text{ N}$



Obr. 4.4 – Schéma pro výpočet [10]

Výpočet jednotlivých tahů

$$T_0 = F_O \quad (4.18)$$

$$T_1 = F_O - (m_p + m_k) \cdot H \cdot g \quad (4.19)$$

$$T_1 = F_O - (1,088 + 0,7) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_1 = F_O - 99,92 \text{ N}$$

$$T_2 = F_O - 99,92 + F_{lt} + F_{2t} \quad (4.20)$$

$$T_2 = F_O - 100 + 3,54 + 0,0006$$

$$T_2 = F_O - 96,38 \text{ N}$$

$$T_3 = F_O - 96,38 + F_p + (m_p + m_k + q) \cdot H \cdot g \quad (4.21)$$

$$T_3 = F_O - 96,38 + 0,57 + (1,088 + 0,7 + 0,347) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_3 = F_O + 23,5 \text{ N}$$

$$F = F_N - F_O \quad (4.22)$$

$$F = F_O + 23,5 - F_O$$

$$F = 23,5 \text{ N}$$

$$F_O = \frac{F \cdot ks}{e^{\mu \cdot \alpha_s} - 1} \quad (4.23)$$

$$F_O = \frac{23,5 \cdot 1,3}{e^{0,3 \cdot 3,14} - 1}$$

$$F_O = 19,5 \text{ N}$$

Přepočet jednotlivých tahů

Proveden přepočet tahů z důvodu záporných hodnot výsledků v jednotlivých tazích. Volím napínací sílu $F_Z = 170 \text{ N}$, která bude vyvozována pomocí napínacích šroubů.

Ze zvolené napínací síly určíme sílu F_{OSkut} .

$$F_Z = 170 \text{ N} \Rightarrow F_{OSkut} = \frac{F_Z}{2} + F_O \quad (4.24)$$

$$F_{OSkut} = \frac{170}{2} + 19,5$$

$$F_{OSkut} = 104,5 \text{ N}$$

$$T_0 = F_{OSkut} \quad (4.25)$$

$$T_1 = F_{OSkut} - (m_P + m_K) \cdot H \cdot g \quad (4.26)$$

$$T_1 = 104,5 - (1,088 + 0,7) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_1 = 4,62 \text{ N}$$

$$T_2 = F_{OSkut} - 99,92 + F_{1t} + F_{2t} \quad (4.27)$$

$$T_2 = 104,5 - 100 + 3,52 + 0,0006$$

$$T_2 = 8,16 \text{ N}$$

$$T_3 = F_{OSkut} - 96,38 + F_P + (m_P + m_K + q) \cdot H \cdot g \quad (4.28)$$

$$T_3 = 104,5 - 96,38 + 0,57 + (1,088 + 0,7 + 0,347) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_3 = 128,06 \text{ N}$$

Přepočet odporů

Proveden přepočet odporu z ohybu pásu F_{1r} a odporu v ložiscích bubnu F_{2t} .

Výpočet průměrného tahu v pásu na bubnu

$$F_V = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (4.29)$$

$$F_V = \frac{4,62 + 8,16}{2}$$

$$F_V = 6,39 \text{ N}$$

Výpočet odporu ohybu pásu na bubnu

$$F_{1tskut} = 9 \cdot B_p \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_V}{B_p} \right) \cdot \frac{d_h}{D_1} \quad (4.30)$$

$$F_{1tskut} = 9 \cdot 0,16 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{6,39}{0,16} \right) \cdot \frac{0,0055}{0,315}$$

$$F_{1tskut} = 3,53 \text{ N}$$

Vektorový součet tahů v pásu, působících na bubnu

$$F_{TV} = T_1 + T_2 + m_b \cdot g + F_Z \quad (4.31)$$

$$F_{TV} = 4,62 + 8,16 + 19,2 \cdot 9,81 + 170$$

$$F_{TV} = 371,13 \text{ N}$$

Výpočet odporu v ložiskách bubnu

$$F_{2tskut} = 0,005 \cdot \frac{d}{D_1} \cdot F_{TV} \quad (4.32)$$

$$F_{2tskut} = 0,005 \cdot \frac{0,035}{0,315} \cdot 371,13$$

$$F_{2tskut} = 0,2 \text{ N}$$

Přepočet jednotlivých tahů

Proveden přepočet tahů s již nově vypočteným odporem ohybu pásu na bubnu a odporu v ložiskách bubnu.

$$T_0 = F_{OSkut} \quad (4.33)$$

$$T_0 = 104,5$$

$$T_1 = F_{OSkut} - (m_p + m_K) \cdot H \cdot g \quad (4.34)$$

$$T_1 = F_{OSkut} - (1,088 + 0,7) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_1 = F_{OSkut} - 99,92 \text{ N}$$

$$T_2 = F_{OSkut} - 99,92 + F_{1tskut} + F_{2tskut} \quad (4.35)$$

$$T_2 = F_{OSkut} - 99,92 + 3,52 + 0,0006$$

$$T_2 = F_{OSkut} - 96,18 \text{ N}$$

$$T_3 = F_{OSkut} - 96,18 + F_p + (m_p + m_K + q) \cdot H \cdot g \quad (4.36)$$

$$T_3 = F_{OSkut} - 96,18 + (1,088 + 0,7 + 0,347) \cdot 5,7 \cdot 9,81$$

$$T_3 = F_{OSkut} + 23,72 \text{ N}$$

$$T_3 = F_N$$

$$F_{skut} = F_N - F_{OSkut} \quad (4.37)$$

$$F_{skut} = F_{OSkut} + 23,72 - F_{OSkut}$$

$$F_{skut} = 23,75 \text{ N}$$

Výpočet skutečných tahů v pásu

$$T_{1skut} = F_{OSkut} - 99,92 \quad (4.38)$$

$$T_{1skut} = 104,5 - 99,92$$

$$T_{1skut} = 4,62 \text{ N}$$

$$T_{2skut} = F_{OSkut} - 96,18 \quad (4.39)$$

$$T_{2skut} = 104,5 - 96,18$$

$$T_{2skut} = 8,36 \text{ N}$$

$$T_{3skut} = F_{OSkut} + 23,72 \quad (4.40)$$

$$T_{3skut} = 104,5 + 23,72$$

$$T_{3skut} = 128,27 \text{ N}$$

Kontrola pásu

$$T_{3skut} \cdot k_B \leq B_p \cdot \sigma_{dov} \Rightarrow k_B = \frac{32 \cdot 160}{128,27} = 39,9 \quad (4.41)$$

$$T_{3skut} \cdot k_B \leq B_p \cdot \sigma_{dov}$$

$$128,27 \cdot 39,9 \leq 160 \cdot 32$$

$$5118 < 5120 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výpočet příkonu poháněcí stanice

$$P_{skut} = \frac{F_{skut} \cdot v}{10^3 \cdot \eta} \quad (4.42)$$

$$P_{skut} = \frac{23,75 \cdot 0,4}{10^3 \cdot 0,68}$$

$$P_{skut} = 0,014 \text{ kW}$$

Výpočet otáček bubnu

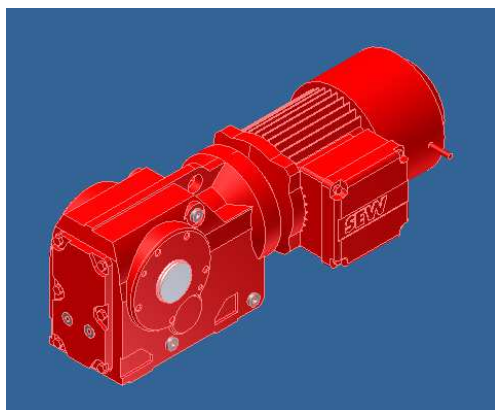
$$n_B = \frac{v}{\pi \cdot D_B} \quad (4.43)$$

$$n_B = \frac{0,4}{\pi \cdot 0,315}$$

$$n_B = 0,404 \text{ s}^{-1} = 24,2 \text{ min}^{-1}$$

4.8 Volba pohonu

Volím třífázový čtyřpólový převodovkový motor firmy SEW v patkovém provedení o jmenovitém příkonu $P_Z = 0,18 \text{ kW}$. Převodovkový motor je opatřen brzdou. Typové označení pohonu KA37DR63M4BM/HR.



Obr. 4.5 – Převodovkový motor KA37DR63M4BM/HR [9]

Výpočet převodového poměru

$$i_p = \frac{n_M}{n_B} = \frac{1320}{24,2} = 54,5 \quad (4.44)$$

Technická specifikace:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Jmenovitý příkon	0,18	[kW]
Otáčky n_M	1 320	[min ⁻¹]
Účinnost η	0,68	[%]
Moment setrvačnosti J_M	0,00036	[kg · m ²]
Jmenovitý moment M_N	1,3	[N · m]
Poměr rozběhového momentu ke jmenovitému M_Z/M_N	1,7	[N · m]
Skutečný převodový poměr i_{ps}	58,6	[-]

Tab. 4.1 – Technická specifikace převodovkového motoru

4.9 Kontrola pohonu na rozběh

Po navržení pohonu je zapotřebí provést kontrolu motoru na rozběh. Provedeme kontrolu, zda zvolený motor dokáže dopravník uvést do pohybu v daném čase. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce byla zvolena doba rozběhu $t_r = 1$ s.

Výpočet měrné hmotnosti dopravovaného materiálu

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} \quad (4.45)$$

$$q = \frac{500}{3600 \cdot 0,4}$$

$$q = 0,347 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Výpočet měrné hmotnosti korečků

$$m_K = \frac{m_k \cdot \frac{0,4}{t_k}}{v} \quad (4.46)$$

$$m_K = \frac{0,18 \cdot \frac{0,4}{0,2575}}{0,4}$$

$$m_K = 0,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Výpočet jmenovitého momentu motoru

$$M_N = 9,55 \cdot P_Z \cdot \frac{1000}{n_M} \quad (4.47)$$

$$M_N = 9,55 \cdot 0,18 \cdot \frac{1000}{1320}$$

$$M_N = 1,3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet statického momentu od zatížení dopravníku redukováného na hřídel motoru

$$M_{SM} = \frac{1}{n_e} \cdot F_{Skut} \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{PS}} \quad (4.48)$$

$$M_{SM} = \frac{1}{1} \cdot 23,75 \cdot 0,5 \cdot 0,315 \cdot \frac{1}{0,68 \cdot 58,6}$$

$$M_{SM} = 0,09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{DP} = \frac{2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (2 \cdot m_P + m_Q + 2 \cdot m_K) \cdot H \cdot v^2 \right]}{\omega_M \cdot t_r \cdot \eta \cdot i_{PS}} \quad (4.49)$$

$$M_{DP} = \frac{2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (2 \cdot 1,088 + 0,347 + 2 \cdot 0,7) \cdot 5,7 \cdot 0,4^2 \right]}{\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{1320}{60} \right) \cdot 1 \cdot 0,68 \cdot 58,6}$$

$$M_{DP} = 0,0007 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{DR} = \frac{\omega_M}{t_r} \cdot \beta \cdot J_M \quad (4.50)$$

$$M_{DR} = \frac{\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{1320}{60} \right)}{1} \cdot 1,4 \cdot 0,00036$$

$$M_{DR} = 0,07 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kontrola rozběhu pohonu

$$M_{SM} + M_{DP} + M_{DR} < \frac{M_Z}{M_N} \cdot M_N \quad (4.51)$$

$$0,09 + 0,0007 + 0,07 < 1,7 \cdot 1,3$$

$$0,164 < 2,21 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.10 Kontrola brzdy

Výpočet dynamického momentu od zpoždování posuvných a rotačních hmot

$$M_{DM} = \left[(q + 2 \cdot m_p \cdot 2 \cdot m_k) \cdot H \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{PS}} + \frac{2 \cdot \sum J_B}{D_B} \cdot \frac{1}{\eta \cdot i_{PS}} + n_e \cdot \frac{2 \cdot J_M}{D_B \cdot \eta} \right] \cdot \frac{v}{t_b}$$
$$M_{DM} = \left[(0,347 + 2 \cdot 1,088 \cdot 2 \cdot 0,69) \cdot 5,7 \cdot 0,5 \cdot 0,315 \cdot \frac{1}{0,68 \cdot 58,6} + \frac{2 \cdot (0,1957 + 0,1958)}{0,315} \cdot \frac{1}{0,68 \cdot 58,6} + 1 \cdot \frac{2 \cdot (0,00036)}{0,315 \cdot 0,68} \right] \cdot \frac{0,4}{1}$$
$$M_{DM} = 0,06 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4.52)$$

Výpočet brzdného momentu potřebného k zastavení dopravníku

$$M_{B1} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[M_{DM} - (0,7 \cdot F_{skut}) \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{\eta}{i_{PS}} \right] \cdot k_B \quad (4.53)$$

$$M_{B1} = \frac{1}{1} \cdot \left[0,06 - (0,7 \cdot 23,75) \cdot 0,5 \cdot 0,315 \cdot \frac{0,68}{58,6} \right] \cdot 1,5$$

$$M_{B1} = 0,04 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet brzdného momentu potřebného k udržení dopravního pásu v klidu

$$M_{B2} = \frac{1}{n_B} \cdot \left[(-0,7 \cdot F_{skut}) \cdot 0,5 \cdot D_B \cdot \frac{\eta}{i_{PS}} \right] \cdot k_B \quad (4.54)$$

$$M_{B2} = \frac{1}{1} \cdot \left[(-0,7 \cdot 23,75) \cdot 0,5 \cdot 0,315 \cdot \frac{0,68}{58,6} \right] \cdot 1,5$$

$$M_{B2} = |-0,05| \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{B1} \leq M_B$$

$$0,04 < 3,2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$M_{B2} \leq M_B$$

$$|-0,05| < 3,2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5 Pevnostní a kontrolní výpočty

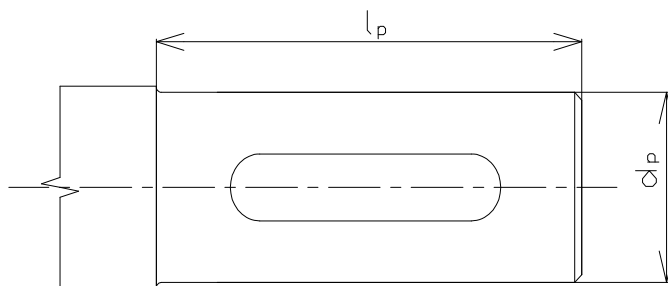
V této kapitole jsou zahrnuty nezbytné výpočty, jako jsou například výpočet a kontrola konců hnacího hřídele, výpočet napínacích šroubů a výpočet životnosti ložisek.

5.1 Kontrola konců hřídele hnacího bubnu

Konce hřídele poháněcího bubnu jsou navrženy jako normalizované dle [3] a je provedena jejich kontrola na krut.

5.1.1 Výpočet (pravého) konce hřídele hnacího bubnu

Volba normalizovaného konce hřídele je dle [3], $l_p = 58$ mm. Volím materiál hřídele 12 050.1. Dle [3] volím $R_e = 345$ MPa



Obr. 5.1 – Schéma (pravého) konce hřídele [10]

Výpočet kroutícího momentu na hřídeli

$$M_k = \frac{P_z \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}} \quad (5.1)$$

$$M_k = \frac{0,18 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot \frac{24,2}{60}}$$

$$M_k = 70,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet dovoleného napětí

$$\tau_D = \frac{R_e \cdot 0,577}{k_s} \quad (5.2)$$

$$\tau_D = \frac{345 \cdot 0,577}{2,5}$$

$$\tau_D = 80 \text{ MPa}$$

Výpočet průměru hřídele

$$\tau_D \geq \frac{Mk}{Wk} = \frac{Mk}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \Rightarrow \quad (5.3)$$

$$\Rightarrow d_p = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot Mk}{\pi \cdot \tau_D}}$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 70800}{\pi \cdot 80}}$$

$$d_p = 16,5 \text{ mm}$$

Dle zvolené převodovky s dutým hřídelem volím hřídel o průměru $d_p = 30 \text{ mm}$.

Výpočet napětí

$$\tau_p = \frac{Mk}{Wk} = \frac{Mk}{\frac{\pi \cdot d_p^3}{16}} \quad (5.4)$$

$$\tau_p = \frac{70,8}{\frac{\pi \cdot 0,030^3}{16}}$$

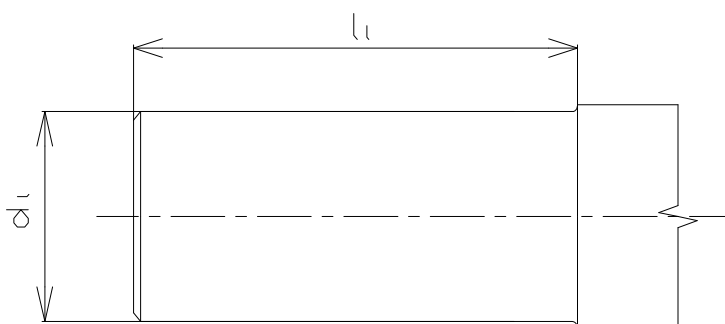
$$\tau_p = 13354868 \text{ Pa} = 13,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_p \leq \tau_D$$

$$13,4 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.1.2 Kontrola (levého) konce hřídele hnacího bubnu

Volba normalizovaného konce hřídele je dle [3], $d_1 = 35 \text{ mm}$, $l_1 = 80 \text{ mm}$. Volím materiál hřídele 12 050.1. Dle [3] volím $Re = 345 \text{ MPa}$.



Obr. 5.2 – Schéma (levého) konce hřídele [10]

Výpočet dovoleného napětí

$$\tau_D = \frac{Re \cdot 0,577}{k_s} \quad (5.5)$$

$$\tau_D = \frac{345 \cdot 0,577}{2,5}$$

$$\tau_D = 80 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí

$$\tau_l = \frac{Mk}{Wk} = \frac{Mk}{\frac{\pi \cdot d_l^3}{16}} \quad (5.6)$$

$$\tau_l = \frac{70,8}{\frac{\pi \cdot 0,035^3}{16}}$$

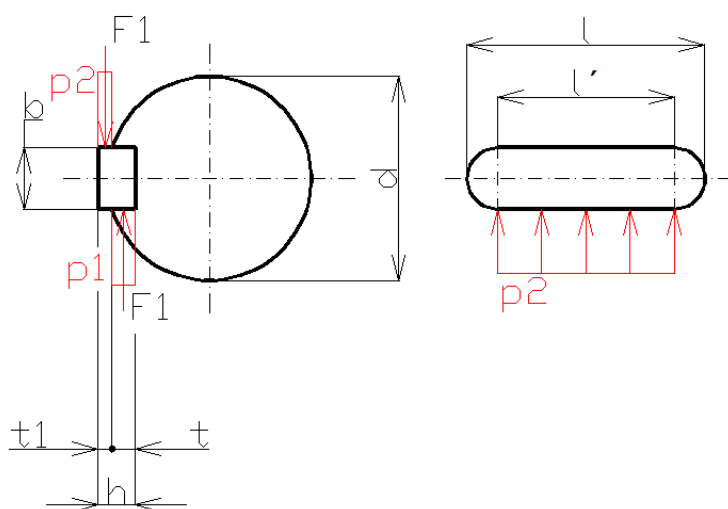
$$\tau_l = 8410062 \text{ Pa} = 8,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_l \leq \tau_D$$

$$8,4 \text{ MPa} < 80 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.1.3 Výpočet těsného pera

Krouticí moment vyvolaný pohonem je na hřídel přenesen pomocí těsného pera. Dle [3] volím normalizované PERO 8e7 x 7 x 40.



Obr. 5.3 – Výpočtové schéma těsného pera [10]

Parametry těsného pera

Parametr	Hodnota	Jednotka
Délka pera l	40	[mm]
Šířka pera b	8	[mm]
Hloubka drážky v hřídeli t	4,1	[mm]
Hloubka drážky v náboji t_1	2,9	[mm]

Tab. 5.1 – Parametry těsného pera

Výpočet síly, která působí na pero v náboji F_{2p}

$$F_{2p} = \frac{Mk}{\frac{d_p}{2} - \frac{t_1}{2}} \quad (5.7)$$

$$F_{2p} = \frac{70,8}{\frac{0,03}{2} - \frac{0,0029}{2}}$$

$$F_{2p} = 5202 \text{ N}$$

Výpočet délky pera

$$p_2 = \frac{F_{2p}}{l' \cdot t_1} \leq p_d \Rightarrow \quad (5.8)$$

$$\Rightarrow l' = \frac{F_{2p}}{p_d \cdot t_1}$$

$$l' \geq \frac{5202}{100 \cdot 2,9}$$

$$l' = 18 \text{ mm}$$

$$l = l' + b \quad (5.9)$$

$$l = 18 + 8$$

$$l = 26 \text{ mm}$$

Volím délku pera $l = 40 \text{ mm}$.

Kontrola pera na otláčení p_2

$$p_2 = \frac{F_{2p}}{(l-b) \cdot t_1} \quad (5.10)$$

$$p_2 = \frac{5202}{(40-8) \cdot 2,9}$$

$$p_2 = 56 \text{ MPa}$$

$$p_2 \leq p_d$$

$$56 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Volím dovolený tlak $p_d = 100 \text{ MPa}$.

Výpočet síly, která působí na pero v náboji F_{1p}

$$F_{1p} = \frac{Mk}{\frac{d_p}{2} - \frac{t}{2}} \quad (5.11)$$

$$F_{1p} = \frac{70,8}{\frac{0,03}{2} - \frac{0,0041}{2}}$$

$$F_{1p} = 5467 \text{ N}$$

Kontrola pera na otláčení p_1

$$p_1 = \frac{F_{1p}}{l \cdot t} \quad (5.12)$$

$$p_1 = \frac{5467}{40 \cdot 4,1}$$

$$p_1 = 33,3 \text{ MPa}$$

$$p_1 \leq p_d$$

$$33,3 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola na stříh

$$F = \frac{Mk}{\frac{d_p}{2}} \quad (5.13)$$

$$F = \frac{70,8}{\frac{0,03}{2}}$$

$$F = 4720 \text{ N}$$

Napětí ve střihu

$$\tau_s = \frac{F}{l \cdot b} \quad (5.14)$$

$$\tau_s = \frac{4720}{40 \cdot 8}$$

$$\tau_s = 14,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{sD}$$

$$14,75 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Volím dovolené napětí ve střihu $\tau_{sD} = 30 \text{ MPa}$.

5.2 Výpočet napínacího šroubu

V patě elevátoru je umístěna napínací stanice. Vlivem hmotnosti vratného bubnu je vyvozena dostatečně velká síla potřebná k napínání dopravního pásu. Tato síla je navíc doplněna o přídatnou sílu, která je vyvozena pomocí napínacích šroubů. Přídatná napínací síla $F_z = 170 \text{ N}$.

Výpočet dovoleného napětí

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_s} \quad (5.15)$$

$$\sigma_D = \frac{250}{3}$$

$$\sigma_D = 83 \text{ MPa}$$

Výpočet průřezu šroubu

- Počet napínacích šroubů $n_s = 2$

$$A_s = \frac{F_z}{n_s \cdot \sigma_D} \quad (5.16)$$

$$A_s = \frac{170}{2 \cdot 83}$$

$$A_s = 1 \text{ mm}^2$$

Výpočet průměru šroubu

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot A_s}{\pi}} \quad (5.17)$$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,43}{\pi}}$$

$$d_n = 1,27 \text{ mm}$$

Volím průměr šroubu $d_n = 12 \text{ mm}$.

- Střední průměr závitu šroubu $d_2 = 11,35 \text{ mm}$; [3]
- Malý průměr závitu šroubu $d_3 = 10,773 \text{ mm}$; [3]

Kontrola matice

- Vnější průměr závitu matice $d_n = 12 \text{ mm}$; [3]
- Vnitřní průměr závitu matice $D_{n1} = 10,917 \text{ mm}$; [3]

$$S_{mat} = i \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - D_{n1}^2) \quad (5.18)$$

$$S_{mat} = 13 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (12^2 - 10,917^2)$$

$$S_{mat} = 253 \text{ mm}^2$$

Výpočet tlaku v závitech matice

$$p_z = \frac{F_z}{n_{mat} \cdot S_{mat}} \quad (5.19)$$

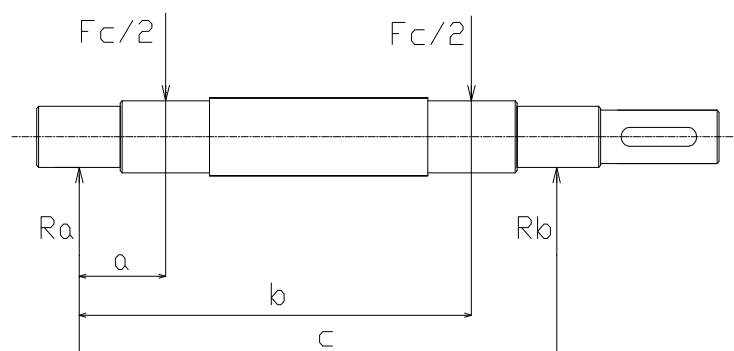
$$p_z = \frac{170}{2 \cdot 253}$$

$$p_z = 0,34 \text{ MPa}$$

$$p_z < p_{zD}$$

$$0,34 < 20 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3 Stanovení reakcí v ložiscích



Obr. 5.4 – Schéma hřídele [10]

Parametry:

- $a = 45 \text{ m}$
- $b = 360 \text{ mm}$
- $c = 405 \text{ mm}$

$$F_C = T_{3skut} + T_0 + T_B \quad (5.20)$$

$$F_C = 128,27 + 104,5 + 188$$

$$F_C = 420,8 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \quad 0 = 0 \quad (5.21)$$

$$\sum F_y = 0 \quad -R_A + \frac{F_C}{2} - R_B + \frac{F_C}{2} = 0$$

$$\sum M_{OA} = 0 \quad \frac{F_C}{2} \cdot a + \frac{F_C}{2} \cdot b - R_B \cdot c = 0$$

Výpočet reakce v ložisku B

$$R_B = \frac{\frac{F_C}{2} \cdot a + \frac{F_C}{2} \cdot b}{c} \quad (5.22)$$

$$R_B = \frac{\frac{420,8}{2} \cdot 45 + \frac{420,8}{2} \cdot 360}{405}$$

$$R_B = 210 \text{ N}$$

Výpočet reakce v ložisku A

$$R_A = -R_B + F_C + F_C \quad (5.23)$$

$$R_A = -210 + \frac{420,8}{2} + \frac{420,8}{2}$$

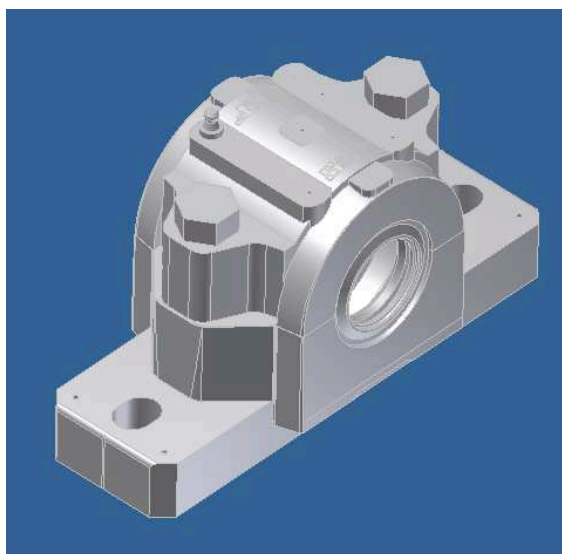
$$R_A = 210 \text{ N}$$

5.4 Výpočet životnosti ložisek

Provádí se kontrola životnosti ložisek, a to jak u hnacího bubnu, tak ložisek u hnaného bubnu. Výpočet proveden dle [6].

5.4.1 Ložiska hnacího bubnu

Pro uložení hnacího hřídele volím ložiskovou jednotku SKF SNL 508 TL. K zajištění proti posunutí ložisek v axiálním směru je využito KM matice s MB podložkou.



Obr. 5.5 – Ložisková jednotka SNL 508 TL [9]

Parametry ložiskové jednotky:

- Dynamická únosnost $C = 14\,600\text{ N}$
- Statická únosnost $C_0 = 8\,500\text{ N}$
- $F_{RA} = R_A = 210\text{ N}$
- $F_{AA} = 0\text{ N}$

$$\frac{F_{AA}}{C_0} = \frac{0}{8500} = 0 \Rightarrow e = 0 \quad (5.24)$$

$$\frac{F_{AA}}{F_{RA}} = \frac{0}{210} = 0 < e$$

$$\Rightarrow X = 1$$

$$\Rightarrow Y = 0$$

Výpočet ekvivalentního zatížení ložiska

$$F_{eA} = X \cdot F_{RA} + Y \cdot F_{RA} \quad (5.25)$$

$$F_{eA} = 1 \cdot 210 + 0 \cdot 210$$

$$F_{eA} = 210\text{ N}$$

Výpočet trvanlivosti ložiska

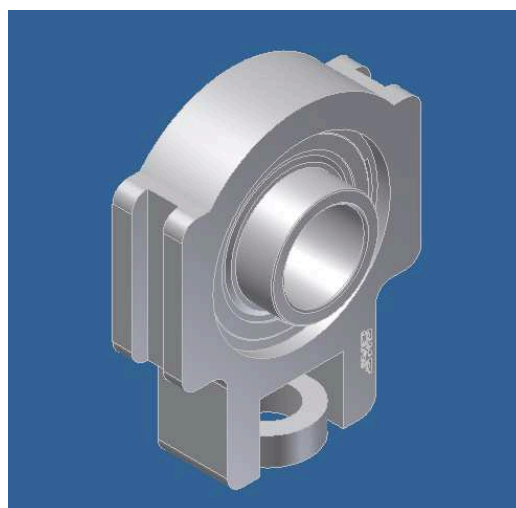
$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{F_{eA}} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (5.26)$$

$$L_{10,h} = \left(\frac{14600}{210} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 24,2}$$

$$L_{10,h} = 2,3 \cdot 10^8 h$$

5.4.2 Ložiska hnaného bubnu

Pro uložení hnaného hřídele zvolena ložisková jednotka SKF TU 35 TF. K zajištění proti posunutí ložisek v axiálním směru je využito stavěcích šroubů.



Obr. 5.6 – Ložisková jednotka SKF TU 35 TF [9]

Parametry ložiskové jednotky:

- Dynamická únosnost $C = 25\,500\text{ N}$
- Statická únosnost $C_0 = 15\,300\text{ N}$
- $F_{RC} = 94,2\text{ N}$
- $F_{AC} = 0\text{ N}$

$$\frac{F_{AC}}{C_0} = \frac{0}{15300} = 0 \Rightarrow e = 0 \quad (5.27)$$

$$\frac{F_{AC}}{F_{RA}} = \frac{0}{94,2} = 0 < e$$

$$\Rightarrow X = 1$$

$$\Rightarrow Y = 0$$

Výpočet ekvivalentního zatížení ložiska

$$F_{eC} = X \cdot F_{RC} + Y \cdot F_{RC} \quad (5.28)$$

$$F_{eC} = 1 \cdot 94,2 + 0 \cdot 94,2$$

$$F_{eC} = 94,2 \text{ N}$$

Výpočet trvanlivosti ložiska

$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{F_{eC}} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (5.29)$$

$$L_{10,h} = \left(\frac{25500}{94,2} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 24,2}$$

$$L_{10,h} = 1,3 \cdot 10^{10} \text{ h}$$

6 Závěr

Tato diplomová práce byla zpracována na téma Korečkový elevátor pro peletizační linku o kapacitě 500 kg/h pro procesní zpracování biohmoty. Práce je rozčleněna do několika částí, které jsou v jednotlivých kapitolách podrobně popsány.

Nejprve byl krátce představen pojem „biohmota“ a uvedeny příklady linek, které jsou využívány pro její zpracování. Následně byl zpracován návrh a uspořádání peletizační linky, jejíž součástí je navržený korečkový elevátor. Jednotlivá zařízení, z nichž se linka skládá, byla popsána a uvedeny jejich základní technické parametry.

Další část byla zaměřena na samotný korečkový elevátor. Tato část obsahuje jak obecný popis korečkových elevátorů, jejich využití a základní rozdělení, tak samotný návrh a podrobný popis jednotlivých částí korečkového elevátoru, který bude zařazen jako součást linky pro výrobu pelet. Korečkový elevátor se skládá z paty, ve které je umístěno napínací zařízení a násypka. Dále z několika částí dopravní šachty, které jsou k sobě smontovány pomocí šroubů. V šachtě se nachází dopravní pás z PVC pro elevátory typu 4T 32 V3-V3 firmy GUMEX, na němž jsou upevněny korečky. Jako nejvýznamnější část můžeme označit hlavu elevátoru, ve které je umístěna poháněcí jednotka a nalezneme zde i výsypnou část, skrze kterou materiál opouští dopravník.

V následné části se nachází samotný výpočet korečkového elevátoru. Nejprve byl zhotoven výpočet dle skript. Tento výpočet byl poté doplněn o výpočet za pomoci graficko-početní metody. Na základě výpočtu byl zvolen třífázový čtyřpólový převodovkový motor firmy SEW v patkovém provedení typového označení KA37DR63M4BM/HR o jmenovitém příkonu $P_z = 0,18 \text{ kW}$. Zvolený převodovkový motor je opatřen brzdou. V poslední fázi následovala kontrola brzdy a kontrola pohonu na rozběh, zda byl pohon správně navržen a jestli dokáže uvést korečkový elevátor do pohybu. Požadovaná doba rozběhu byla stanovena na $t_r = 1 \text{ s}$. Výpočtem bylo ověřeno, že navržený motor dokáže za tuto dobu dopravník uvést do pohybu.

V poslední části jsou obsaženy pevnostní a kontrolní výpočty. Byl proveden návrh konce poháněcího hřídele na straně pohonu, kde se nachází těsné pero, u kterého byla vypočtena jeho potřebná délka a provedena jeho kontrola na otlacení a stříh. Dále je zde obsažen výpočet napínacího šroubu. Jako poslední provedený kontrolní výpočet, zde byl zahrnut výpočet životnosti ložisek. Vypočtené hodnoty byly porovnány s maximálními povolenými hodnotami a všechny daným podmínkám vyhověly.

Seznam použitých zdrojů

Literatura

- [1] POLÁK, J.; PAVLISKA, J.; SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [2] POLÁK, J.; BAILOTTI, K.; PAVLISKA, J.; Hrabovský, L. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [3] LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [4] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, ISBN 978-80-248-1290-8.
- [5] GAJDŮŠEK, J.; ŠKOPÁN, M. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1988. ISBN 55-517-88.

Seznam použitých internetových zdrojů

- [6] Autodesk WikiHelp. Návod k produktu se znalostmi komunity. Výpočet ložiska [online]. 2013 [cit. 2013-3-22]. Dostupný z WWW: <http://wikihelp.autodesk.com/Inventor/csy/2012/Help/0073-Aplikace73/0742-P%C5%99%C3%ADru%C4%8Dka742/0853-lo%C5%BEiska,853/0854-Gener%C3%A1to854/0855-V%C3%BDpo%C4%8Det_855>.
- [7] Vítejte na Zemi... multimediální ročenka životního prostředí. Energie z biomasy [online]. 2013 [cit. 2012-10-15]. Dostupný z WWW: <http://www.cittadella.cz/cenia/index.php?p=energie_z_biomasy&site=energie>.
- [8] SOMA spol. s r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-10-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.soma-pel.com/peletizery/soma-pelletizer-75>>.
- [9] ProPelety s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.propelety.cz/index.php?str=dodavky1&p=linky&typ=standard>>.
- [10] Obrázek zhotoven v programu AutoCAD Inventor 2010
- [11] Obrázek zhotoven v programu AutoCAD Mechanical 2010
- [12] Serigstad Agri [online]. [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW: <<http://serigstad.no/no/produkter/rundballekutter/>>.
- [13] HIMEL CZ, spol. s r.o. [online]. 2011 [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.himel.cz/srotovniky.html>>.

- [14] Energoekonom spol. s r.o. [online]. 2007-2013 [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW:
<http://www.energoekonom.cz/index.php?menu=menu3ventFD&stranka=01strankyVentilatory/ventilatory_rd_f>.
- [15] Gama Pardubice s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW:
<<http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>>.
- [16] Ateap Praha, s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2013-3-27]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ateap.cz/chladak.html>>.
- [17] CIMBRIA HEID ČR, s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2013-3-20]. Dostupný z WWW:
<<http://www.cimbria.cz/?page=produkty/dopravniky/koreckove-elevatory-ec-ed-ee-279>>.
- [18] VVV MOST spol. s r.o. [online]. 2013 [cit. 2013-3-21]. Dostupný z WWW:
<<http://vvvmost.cz/koreckove-dopravniky/>>.
- [19] GUMEX, spol. s r.o. [online]. 2009 [cit. 2012-10-23]. Dostupný z WWW:
<<http://www.gumex.cz/bodovany-svarovany-korecek-24840.html>>.

Seznam výkresové dokumentace

Peletizační linka	MOS077-01
Korečkový elevátor	MOS077-01-01
Pata elevátoru	MOS077-01-01-01
Hlava elevátoru	MOS077-01-01-02